



## FICHA TÉCNICA

### TÍTULO

# Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética – 3.ª Edição

### AUTOR

**André Fernando Ribeiro de Sá**

### EDITORIA

**Publindústria – Edições Técnicas**

### DISTRIBUIÇÃO

**Engebook – Conteúdos de Engenharia e Gestão** · [www.engebook.com](http://www.engebook.com)

FORMATO: 170 x 240 mm

NÚMERO DE PÁGINAS: 524 (aprox.)

## SOBRE A EDITORA

A Publindústria assume como missão estratégica a actividade comunicacional vocacionada para a Indústria Transformadora. Entre os nossos produtos comunicacionais destacamos a edição de revistas técnico-científicas, uma actividade editorial que iniciámos e vimos a aprofundar desde há 25 anos.

A edição de livros técnicos e manuais universitários é uma área de negócios emergente, um desafio e uma prova do envolvimento da Publindústria com os técnicos e cientistas portugueses. Estamos apostados em ocupar o reduzido nicho de mercado do livro técnico nos mais diversos domínios da ciência e tecnologia, que contenham uma forte componente pedagógica e/ou formativa.

## SOBRE O LIVRO

A energia é um bem que deve ser optimizado a um custo cada vez mais relevante. É importante maximizar a sua produção eficiente e racionalizar o seu consumo. Não faltam formas de economizar energia: na sua produção, no seu transporte, na sua distribuição e no seu consumo.

O presente livro tem como principal objectivo evidenciar algumas potenciais aplicações de gestão de energia e eficiência energética. Muitas aplicações foram mencionadas: produção eficiente, quer sejam com fontes de energia renovável, quer sejam através de algumas fontes de energia não convencionais; minimização de perdas nas redes de distribuição de energia eléctrica; optimização da utilização de equipamentos térmicos; sistemas de iluminação; sistemas de cogeração; sistemas de força motriz, incluindo, sistemas de ar comprimido; sistemas frigoríficos, sistemas de bombagem, sistemas de ventilação; edifícios; transportes e gestão de tarifário.

Em gestão de energia e eficiência energética existe muito para estudar e revelar, mas principalmente para poupar. O verdadeiro desafio está em maximizar a aplicação das medidas de economia de energia de uma forma sustentável: pela economia, mas também pelo ambiente e pela sociedade.

## SOBRE O AUTOR

### **André Fernando Ribeiro de Sá**

Engenheiro Electrotécnico e de Computadores, ramo de sistemas de energia, pela FEUP – Licenciatura (2000) e Mestrado (2003). Pós-graduado em gestão de energia – eficiência energética, pelo ISQ (2008). Título de Especialista em Engenharia Electrotécnica pela Universidade de Aveiro (2012). Nascido em Espinho em 1977, é especialista em gestão de energia e em exploração de instalações eléctricas. Técnico reconhecido SGCIE. Membro sénior da Ordem dos Engenheiros (Colégio de Engenharia Electrotécnica).

Docente da ESTGA – Universidade de Aveiro no curso de Engenharia Electrotécnica, tendo já leccionado várias unidades curriculares como Elementos de Electromagnetismo, Circuitos Eléctricos, Máquinas Eléctricas, Concepção de Instalações Eléctricas, Dimensionamento de Instalações Eléctricas, Projecto de Instalações Eléctricas, Instalações Eléctricas Especiais, entre outras. Formador do CET de Instalações Eléctricas e Automação Industrial e do CET de Energias Renováveis da ESTGA-UA em várias disciplinas: Electrotecnia, Aparelhagem e Medidas Eléctricas. Exerceu cargo de Director de curso do CET de Energias Renováveis.

Técnico responsável de várias instalações eléctricas de serviço particular em alta, média e baixa tensão. Além do presente livro é autor de vários artigos em diversas revistas na vertente energia e electricidade. Tem realizado várias formações de carácter industrial: actuadores eléctricos, cogeração, eficiência energética, máquinas eléctricas, entre outros. Colaborou, entre outros, com o Grupo Têxtil Riopole, INESC Porto, Edifícios Saudáveis Consultores, Schneider Electric Portugal, DAPE, GPS, Smartwatt, Pavicentro e Lidergraf.

# Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética – 3.ª Edição

## ÍNDICE (Resumido)

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>	<b>Perdas Eléctricas em Redes de Distribuição</b>
1.1	Aspectos Gerais e Motivação	3.1	Princípios
<b>2</b>	<b>Fontes de energia renovável e outras não convencionais</b>	3.1.1	Descrição da Rede
2.1	Introdução	3.1.2	Medidas Primárias
2.2	Eólica	3.1.3	Medidas Secundárias
2.2.1	Princípios	3.1.4	Indicadores globais de desempenho do sistema
2.2.2	O que é necessário para aproveitar a energia eólica?	3.1.5	Sintomas de funcionamento anormal
2.2.3	Parâmetros de avaliação do potencial eólico	3.2	Pistas de Reflexão
2.2.4	Alguns sistemas de controlo de turbinas eólicas	3.3	Compensação do Factor de Potência
2.3	Água	3.3.1	Origem da Energia Reactiva
2.3.1	Hidroeléctrica	3.3.2	Efeitos da Energia Reactiva
2.3.2	Marés	3.3.3	Factor de Potência de Alguns Aparelhos
2.3.3	Ondas	3.3.4	Compensação
2.3.5	Conversão da energia térmica dos Oceanos	3.3.5	Tipos de Compensação
2.3.6	Águas Pluviais	3.3.6	Compensação por Motores Síncronos
2.4	Solar	3.3.7	Compensação de reactiva em tempo real
2.4.1	Solar térmica para aquecimento de águas	3.3.8	Compensação fixa de motores assíncronos
2.4.2	Fornos Solares	3.3.9	Efeitos dos harmónicos
2.4.3	Solar Térmica para produção de electricidade	3.3.10	Protecções e ligações
2.4.4	Solar Fotovoltaica	3.4	Perdas em Condutores
2.4.5	Solar Passiva	3.4.1	Cálculo das perdas
2.5	Resíduos – Biomassa e CDR	3.4.2	Contactos eléctricos
2.5.1	Tecnologias de conversão de biomassa	3.5	Transformadores
2.5.2	Biocombustíveis gasosos - Biogás	3.5.1	Necessidade de utilização do transformador
2.5.3	Biocombustíveis Líquidos	3.5.2	O que são transformadores
2.5.4	Biocombustíveis Sólidos	3.5.3	Principais características de um transformador de distribuição
2.6	Geotérmica	3.5.4	Potências
2.6.1	Princípios	3.5.5	Perdas em transformadores
2.6.2	Sistemas de Alta Entalpia	3.5.6	Balanço Energético
2.6.3	Sistemas de Média e Baixa Entalpia	3.5.7	Rendimento
2.6.4	Sistemas em Cascata	3.5.8	Factor K
2.6.5	Sistemas “HDR”	3.5.9	Manutenção
2.7	Hidrogénio	3.5.10	Oportunidades de melhoria em transformadores
2.7.1	Propriedades físicas do Hidrogénio	3.6	Distorção Harmónica
2.7.2	Hidrogénio - O Combustível do Futuro	3.6.1	Problemas de manutenção
2.7.3	Produção de Hidrogénio	3.6.2	Efeitos de harmónicas em condutores
2.7.4	Principais Sistemas de Armazenamento de Hidrogénio	3.6.3	Efeitos de harmónicas em transformadores
2.7.5	Transporte e distribuição	3.6.4	Efeitos de harmónicas em motores
2.7.6	Utilização Final do Hidrogénio	3.6.5	Efeitos de harmónicas em condensadores
2.8	Muscular	3.6.6	Outros efeitos dos harmónicos
2.9	rovoada	3.6.7	Harmónicos – Soluções
		3.6.8	Diferença entre $\cos \phi$ e factor de potência

# Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética – 3.ª Edição

## ÍNDICE (Resumido)

3.7	Optimizar a Eficiência Energética numa Rede de Distribuição	4.4.5	Estimativa de número de luminárias
3.8	Manutenção	4.5	Exemplos de esquemas eléctricos
3.9	Outros Problemas da Qualidade da Onda de Tensão	4.6	Balastros
3.9.1	Transitórios	4.7	Regulação de fluxo ( <i>dimming</i> )
3.9.2	Interrupções	4.7.1	Sistemas centralizados de regulação automática de fluxo
3.9.3	Subtensões	4.8	Detectores
3.9.4	Sobretensões	4.8.1	Tecnologias de detectores
3.9.5	Distorção da forma de onda	4.8.2	Padrões de detecção
3.9.6	Flutuações de Tensão ("Flicker")	4.8.3	Esquemas eléctricos
3.9.7	Variações de Frequência	4.9	Outros interruptores automáticos
3.9.8	Desequilíbrio de Tensão	4.9.1	Interruptor horário
3.9.9	UPS estáticas	4.9.2	Interruptor crepuscular
3.9.10	Volante de inércia	4.10	Alguns exemplos de arquitecturas de controlo de iluminação
3.9.11	Resumo de Soluções para Qualidade de Energia	4.10.1	Soluções convencionais
3.9.12	Tolerância no fornecimento de energia eléctrica	4.10.2	Soluções de Bus
<b>4</b>	<b>Sistemas de Iluminação</b>	4.10.3	Outros sistemas de controlo de iluminação
4.1	Introdução	4.11	Optimização de um sistema de iluminação
4.2	Tipos de lâmpadas	4.11.1	Conselhos
4.2.1	LED	4.11.2	Custos de Instalações Luminotécnicas
4.3	Propriedades luminotécnicas	<b>5</b>	<b>Optimizar a utilização de equipamentos térmicos</b>
4.3.1	Luz ou radiação visível	5.1	Correcta Utilização do Calor Latente
4.3.2	Fluxo Luminoso	5.1.1	Aumento da superfície de troca ou de aquecimento
4.3.3	Intensidade luminosa	5.1.2	Tornar mais eficiente a transferência de calor do vapor
4.3.4	Iluminância ou nível de iluminação	5.1.3	Remoção do ar dos equipamentos
4.3.5	Luminância	5.1.4	Drenagem de película de água
4.3.6	Quantidade de luz	5.2	Evitar perdas de calor
4.3.7	Factor de depreciação (Kd)	5.3	Exemplos de Redução do Consumo de Vapor
4.3.8	Factor de manutenção (Km)	5.3.1	Produção a carga total
4.3.9	Eficiência Luminosa	5.3.2	Desumidificação
4.3.10	Restituição cromática ou índice de restituição de cor (IRC ou Ra)	5.3.3	Isolamento Térmico
4.3.11	Temperatura de cor	5.3.4	Aplicar válvulas automáticas de controlo de temperatura e de pressão
4.3.12	Factor de uniformidade de iluminância	5.4	Usar Calor Sensível
4.3.13	Encandeamento	5.4.1	Vapor de Reevaporação (ou vapor de flash)
4.3.14	Vida	5.5	Permutadores de Calor
4.3.15	Exemplos de comparação	5.5.1	Tipos de Recuperadores de Calor
4.3.16	Exemplo valores da norma de iluminação	5.5.2	Recuperadores de Calor de Passagem Simples
4.3.17	Tipos de iluminação	5.5.3	Cálculo da potência máxima disponível para transferência
4.4	Propriedades das luminárias	5.5.4	Equação auxiliar para dimensionamento de permutadores
4.4.1	Factor de transmissão ( $\tau$ )	5.6	Caldeiras – Geradores de Vapor
4.4.2	Factor de reflexão ( $\rho$ )	5.6.1	Gerador de vapor pirotubular ou caldeira de tubos de fumo
4.4.3	Factor de absorção ( $\alpha$ )	5.6.2	Gerador de vapor aquatubular ou caldeira de tubos de água
4.4.4	Rendimento de uma luminária		

# Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética – 3.ª Edição

## ÍNDICE (Resumido)

5.6.3	Alterações do rendimento da caldeira	7.6.1	Classificação dos motores
5.6.4	Perdas nos Gases de Exaustão	7.6.2	Avaliação económica do investimento
<b>6</b>	<b>Sistemas de Cogeração</b>	7.6.3	Metodologia dos Custos de Ciclo de Vida
6.1	Princípios	7.7	Factor de Potência
6.2	Tipos de Sistemas de Cogeração	7.8	Dimensionamento de Motores
6.2.1	Tecnologias Convencionais	7.8.1	Exemplo sobre dimensionamento de motores
6.2.2	Turbinas a Gás	7.8.2	Técnicas de Estimativa de Carga de Motores
6.2.3	Motor de Combustão Interna	7.9	Aproveitamento de cargas variáveis
6.2.4	Turbinas a Vapor	7.9.1	Princípios
6.3	Trigeração	7.9.2	Binário Quadrático ( $T = k.N^2$ )
6.3.1	Frio por absorção6.4 Microturbinas284	7.9.3	Binário Linear ( $T = k.N$ )
6.5	Pilhas de Combustível	7.9.4	Binário Constante
6.5.1	Princípios	7.9.5	Binário Hiperbólico
6.5.2	Diversos Tipos de Pilhas de Combustível	7.9.6	Métodos para Variar a Velocidade
6.5.3	Ligação Eléctrica das Pilhas de Combustível	7.10	Variação Electrónica de Velocidade
6.5.4	Vantagens e Inconvenientes das Pilhas de Combustível	7.10.1	Princípios
6.6	Conclusão	7.10.2	Economia de Energia Estimada em Função do Tipo de Carga Variável
<b>7</b>	<b>Força Motriz</b>	7.10.3	Caracterização dos VEVs
7.1	Princípios	7.10.4	Principais Tipos de Variadores Electrónicos de Velocidade
7.2	Noções fundamentais sobre motores eléctricos	7.10.5	Avaliação Económica de Investimento em VEVs
7.2.1	Introdução	7.10.6	Razões para a Utilização de Variadores Electrónicos de Velocidade
7.2.2	Fórmulas básicas do movimento circular	7.10.7	Regeneração da Energia
7.2.3	Direcção de Operação	7.11	Sistemas de Transmissão Mecânica
7.2.4	Características básicas de um motor assíncrono de gaiola	7.11.1	Acoplamento Directo
7.3	Factores de Desperdício de Energia Eléctrica	7.11.2	Transmissão por Correias
7.3.1	Perdas em Motores	7.11.3	Transmissão por Engrenagens
7.4	Condições Operatórias Adversas	7.12	Checklist de Rolamentos
7.4.1	Variações de Tensão	7.13	Motor Síncrono de Íman Permanente
7.4.2	Desequilíbrio entre fases	7.13.1	Vantagens Motor Síncrono de Íman Permanente
7.4.3	Outras características da qualidade da onda de tensão	7.14	Conclusões sobre desperdício em motores
7.4.4	Alinhamento do motor desajustado	<b>8</b>	<b>Sistemas de Ar Comprimido</b>
7.4.5	Excentricidade	8.1	Princípios
7.4.6	Condições ambientais adversas	8.2	Pistas de Reflexão
7.5	Outros cuidados a nível de práticas de operação e manutenção	8.3	Tipo de Compressores
7.5.1	Lubrificação	8.3.1	Compressor Centrífugo
7.5.2	Verificações periódicas	8.3.2	Compressor Rotativo de Parafuso
7.5.3	Limpeza e condições ambientais	8.4	Secadores de Ar
7.5.4	Comissionamento	8.5	Depósito de Ar Comprimido
7.6	Motores de Elevado Rendimento (Energy Efficient Motors – EEMs)	8.6	Capacidade dos Compressores

# Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética – 3.ª Edição

## ÍNDICE (Resumido)

8.7	Redes de Ar Comprimido	11	<b>Sistemas de Ventilação</b>
8.7.1	Parâmetros de Dimensionamento de Redes	11.1	Princípios
8.8	Optimização da Central de Ar Comprimido	11.1.1	Tipos de ventilação
8.8.1	Energia Eléctrica	11.1.2	Conceitos básicos
8.8.2	Perdas Eléctricas na Rede de Distribuição	11.1.3	Psicrometria
8.8.3	Dimensionar Correctamente os Compressores	11.1.4	Algumas propriedades psicrométricas
8.8.4	Instalação de Variadores Electrónicos de Velocidade	11.1.5	Conforto Térmico
8.8.5	Fugas de Ar Comprimido	11.1.6	Exemplo de mistura de ar
8.8.6	Ar de Admissão	11.1.7	Ventilação da Humidade
8.8.7	Secadores de Ar	11.1.8	Curva característica de um ventilador
8.8.8	Rede de Ar Comprimido	11.1.9	Exemplos de sistema de ventilação – ar condicionado de uma área fabril
8.8.9	Equipamentos Produtivos - Utilização	11.1.10	Cálculo da Potência de Ventiladores
8.8.10	Monitorização	11.2	Pistas de Reflexão
8.8.11	Manutenção	11.3	Optimização de um sistema de ventilação
8.8.12	Sistemas de Controlo	11.3.1	Dimensionar ventiladores para o rendimento máximo
8.8.13	Recuperação de Energia Térmica	11.3.2	Controlo e sistema de accionamento de força motriz
8.8.14	Substituição de Compressores	11.3.3	Motor
8.8.15	Plano de Acção	11.3.4	Transmissão
8.8	Conclusão	11.3.5	Tubagens
9	<b>Sistemas Frigoríficos</b>	11.3.6	Variadores Electrónicos de Velocidade (VEV)
9.1	Princípios	11.3.7	Filtros
9.2	Pistas de Reflexão	11.3.8	Recuperadores de calor
9.3	Descrição do sistema frigorífico	11.3.9	Gestão da utilização
9.3.1	Fluídos frigorígenos	12	<b>Edifícios</b>
10	<b>Sistemas de Bombagem</b>	12.1	Introdução
10.1	Princípios	12.2	Notas históricas
10.2	Pistas de Reflexão	12.3	Localização
10.3	Considerações Gerais sobre Bombas Hidráulicas	12.4	Orientação
10.4	Métodos de Controlo em Bombas	12.5	Isolamento Térmico
10.5	Sinais de incorrecta selecção de bombas ou má manutenção	12.5.1	Principais grupos de materiais para isolamento térmico
10.6	Metodologia dos Custos de Ciclo de Vida	12.5.2	Conceitos de transmissão de calor
10.6.1	Custo inicial	12.5.3	Soluções de isolamento térmico
10.6.2	Custo de instalação e comissionamento	12.5.4	Soluções de isolamento térmico exterior
10.6.3	Custo energético	12.5.5	Soluções de isolamento térmico interior
10.6.4	Custo de operação	12.5.6	Soluções de isolamento térmico entre duas paredes
10.6.5	Custo de manutenção	12.5.7	Soluções de isolamento térmico em coberturas inclinadas
10.6.6	Custo de paragens	12.5.8	Inércia Térmica
10.6.7	Custo ambiental	12.5.9	Coberturas ajardinadas
10.6.8	Custo de desmontagem	12.5.10	Permeabilidade da envolvente ao vapor
10.6.9	Exemplo cálculo LCC	12.6	Vão envidraçados

# Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética – 3.ª Edição

## ÍNDICE (Resumido)

- 12.6.1 Caixilharia de qualidade
- 12.6.2 Vidro duplo de qualidade
- 12.6.3 Sombreamentos exteriores
- 12.7 Climatização
- 12.7.1 Sistemas centralizados
- 12.7.2 Sistemas Eficientes de Aquecimento Central
- 12.7.3 Sistemas de Gestão do Consumo e de Monitorização Contínua
- 12.8 Preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS)
- 12.8.1 Sistemas Convencionais para Águas Quentes Sanitárias
- 12.8.2 Microgeração a Gás Natural
- 12.9 Outras medidas para a eficiência energética em edifícios
- 12.9.1 Iluminação
- 12.9.2 Electrodomésticos Eficientes
- 12.9.3 Equipamentos Eficientes
- 12.10 Energias renováveis em edifícios
- 12.10.1 Sistemas Solares Térmicos para Águas Quentes Sanitárias (AQS)
- 12.10.2 Sistemas Solares Térmicos para Climatização
- 12.10.3 Parede de Trombe (ou colectora)
- 12.10.4 Sistemas fotovoltaicos
- 12.10.5 Sistemas a biomassa
- 12.10.6 Sistemas micro - eólicos
- 12.10.7 Serviços de energia
- 12.10.8 Sistemas geotérmicos para edifícios
- 12.11 Algumas questões a reflectir no momento de verificar a optimização do desempenho energético de edifícios

### 13 Transportes

- 13.1 Introdução
- 13.2 Condução Mais Eficiente
- 13.3 Manutenção
- 13.3.1 Afinação

- 13.3.2 Pressão e Estados dos Pneus
- 13.3.3 Filtros
- 13.4 Lubrificantes
- 13.5 Veículos eléctricos
- 13.5.1 Veículos híbridos (Eléctrico + MCI)
- 13.5.2 Veículos eléctricos a baterias
- 13.5.3 Veículos eléctricos a pilhas de combustível
- 13.5.4 Baterias
- 13.5.5 Motor na-roda (In-Wheel)
- 13.6 Biocombustíveis de segunda geração
- 13.7 V2G

### 14 Gestão da Factura de Electricidade

- 14.1 Alguns conceitos da gestão da factura de electricidade
- 14.1.1 Diagrama de carga
- 14.1.2 Tarifa do contrato
- 14.1.3 Termo tarifário fixo
- 14.1.4 Potência em horas de ponta
- 14.1.5 Potência tomada
- 14.1.6 Potência contratada
- 14.1.7 Ciclo horário
- 14.1.8 Energia activa
- 14.1.9 Energia reactiva
- 14.2 Medidas de optimização da potência em horas de ponta
- 14.2.1 Transferência de carga
- 14.2.2 Armazenamento de frio ou calor
- 14.2.3 Armazenamento por Electrólise
- 14.2.4 Armazenamento por Bombagem

### Bibliografia e Sites Web